



Pengaruh Konsentrasi Buah Cabai Merah (*Capsicum Annum L.*) dan Buah Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens L.*) Dalam Produksi Biogas Dari Sampah Organik

Khamdan Cahyari✉ dan Alvin Sahroni

DOI 10.15294/jbat.v3i1.3096

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

²Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia

Article Info

Sejarah Artikel:

Diterima April 2015

Disetujui Mei 2015

Dipublikasikan Juni 2015

Keywords:

biogas, organic waste,
chili, capsaicinoid,
anaerobic digestion.

Abstrak

Meningkatnya kesejahteraan masyarakat Indonesia berdampak positif bagi peningkatan jumlah pasar tradisional dan komoditas perdagangannya. Namun, permasalahan sampah yang ditimbulkan oleh kegiatan perdagangan tersebut masih belum dapat ditangani dengan baik. Tidak hanya itu, sampah pasar tradisional yang hanya ditimbun di area tempat pembuangan akhir (TPA) telah menyebabkan pencemaran lingkungan berupa kontaminasi air tanah, emisi gas rumah kaca dan masalah kesehatan. Sampah pasar tradisional memiliki potensi yang besar untuk diolah menjadi biogas melalui metode anaerobic digestion. Dengan adanya mikroorganisme, proses ini mampu mendegradasi sampah organik menjadi bahan organik yang stabil dan biogas (metana dan karbondioksida). Salah satu faktor yang mempengaruhi proses tersebut adalah adanya senyawa-senyawa antibiotik yang terkandung dalam sampah. Senyawa capsaicinoid dalam sampah buah cabai merupakan senyawa yang berperan dalam rasa pedas cabai memiliki pengaruh negatif terhadap kinerja mikroorganisme dalam mendegradasi sampah menjadi biogas. Pengaruh konsentrasi buah cabai terhadap produksi biogas ini belum banyak diteliti dan diketahui sehingga perlu dilakukan penelitian untuk menentukan konsentrasi minimal yang menyebabkan proses inhibisi (penghambatan). Hasil penelitian membuktikan adanya pengaruh konsentrasi buah cabai (capsaicinoid) terhadap produksi biogas. Sampah pasar tradisional dengan konsentrasi 8 g VS/liter yang diumpungkan terhadap konsorsium mikroorganisme tanpa adanya buah cabai menghasilkan yield biogas yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampah yang tercampur buah cabai. Semakin tinggi konsentrasi buah cabai semakin besar pengaruh penghambatannya (inhibition). Hal ini ditunjukkan dengan menurunnya yield biogas yang dihasilkan. Konsentrasi buah cabai yang menghasilkan yield optimal diperoleh pada nilai konsentrasi 5 dan 8 g VS/liter untuk cabai merah dan cabai rawit secara berturut-turut. Yield tertinggi biogas dan gas metana ialah 35 dan 12 ml/g VS (cabai rawit). Persentase reduksi VS relatif cukup tinggi mencapai 75%.

Abstract

The rising of Indonesian welfare has a positive impact towards the number of traditional market and its commodity. However, the problem of waste as a result of the market activity still not handled properly. Moreover, the waste of traditional market which remains in the landfill resulted in pollution such as groundwater contamination, green house emission and also health problems. The waste of traditional market has a big potential to be processed as biogas through anaerobic digestion method. With the presence of microorganism, this process is capable of degrading organic waste into stable organic material and biogas (methane and carbon dioxide). One of the factor which affecting the process are the antibiotic components contained by the waste. Capsaicinoid which found in chili is the component which responsible to provide the spicy taste, has a negative effect towards the microorganism in degrading the waste into biogas. The effect of chili towards biogas production is not widely known that needs to be investigated, therefore a research needs to be conducted to determine the minimum concentration which resulted in inhibition process. The research result shows the influence of the concentration of chili (capsaicinoid) towards biogas production. Traditional market waste with 8g VS/litre which exposed to microorganism without the existence of chili resulted in higher amount of biogas than the one which mixed with chili. The bigger the concentration of chili, the bigger the inhibition. This is demonstrated by the decreasing number of the yield of the biogas. The concentration of chili which can resulted in optimal yield production obtained at concentration value of 5 and 8 g VS/ litre for red chili and cayenne pepper respectively. The highest yield of biogas and methane are 35 and 12 ml/g VS (cayenne pepper). The VS reduction percentage is relatively high to 75%.

PENDAHULUAN

Pasar tradisional merupakan salah satu pilar utama pembangunan ekonomi bangsa Indonesia. Pada umumnya, pasar tradisional terletak di wilayah pedesaan (*rural area*) yang tersebar di berbagai kota dan provinsi di seluruh Indonesia. Berbagai jenis komoditas diperjualbelikan termasuk sayur-sayuran, buah-buahan, daging, dan berbagai hasil pertanian/peternakan lainnya. Bahan-bahan organik ini sebagian tidak laku/layak dijual karena kualitas rendah, busuk dan hancur akibat proses transportasi sehingga harus dibuang sebagai sampah organik di tempat pembuangan akhir (TPA). Sebagai contoh, pasar tradisional-semi modern "Gemah Ripah" Gamping, Sleman membuang sampah buah sebanyak 4-10 ton/hari. Pengelolaan sampah dengan cara ini akan menimbulkan efek pencemaran lingkungan seperti emisi gas rumah kaca, kontaminasi air tanah, emisi bau tidak sedap dan sebagai tempat endemic berbagai penyakit.

Sampah organik pasar tradisional pada dasarnya memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai bahan baku produksi biogas. Hal ini dapat dilakukan dengan cara mendirikan unit instalasi produksi biogas di sekitar lingkungan pasar tradisional tersebut. Biogas yang dihasilkan dapat digunakan sebagai bahan bakar pembangkit listrik yang dapat digunakan untuk mensubstitusi sebagian/total kebutuhan listrik pasar yang selama ini disuplai oleh listrik pemerintah. Dengan skema ini, pasar tradisional akan menjadi bersih, tidak mencemari lingkungan bahkan mampu memenuhi kebutuhan energi secara mandiri.

Salah satu komoditas utama yang diperjualbelikan di pasar tradisional adalah buah cabai (*Capsicum annum L.*). Jumlah buah cabai yang beredar di masyarakat cukup dimana impor buah cabai mencapai 16.000 ton/tahun. Jumlah ini masih ditambah dengan produksi dalam negeri yang mencapai 4,35-10 ton/ha dengan luas lahan pertanian lebih dari 10 juta hektar. Buah cabai ini tersebar di berbagai daerah di Indonesia sehingga belum diketahui dengan pasti nilai rata-rata fraksi massa buah cabai dalam sampah pasar tradisional. Namun kuantitas sampah buah cabai dalam sampah pasar tradisional diyakini cukup besar mengingat buah cabai merupakan salah satu komponen bumbu masak utama masakan Indonesia.

Buah cabai mengandung senyawa *capsaicinoids* (senyawa perasa pedas) dengan kadar yang signifikan. Secara umum, *capsaicinoids* bersifat menghambat proses pertumbuhan dan metabo-

lisme bakteri. Sehingga senyawa ini juga diindikasikan akan menghambat proses produksi biogas pada konsentrasi tertentu melalui mekanisme perusakan membran bakteri. Nilai konsentrasi minimum *capsaicinoids* yang menyebabkan proses penghambatan atau biasa disebut *minimum inhibitory concentrations* (MICs) belum diketahui, sejauh pengetahuan penulis.

Teknologi biogas merupakan teknologi yang sudah teruji (*proven technology*) yang sudah diaplikasikan untuk pengolahan berbagai sampah/limbah organik seperti kotoran sapi, kambing, kerbau, bahkan kotoran manusia. Namun sayangnya, penelitian-penelitian ini sebagian besar berkonsentrasi pada skala laboratorium saja. Untuk skala pilot plant dengan menggunakan sampah organik dari pasar tradisional yang mengandung sayur-sayuran, buah-buahan dan buah cabai belum banyak ditemukan di Indonesia termasuk di wilayah Yogyakarta.

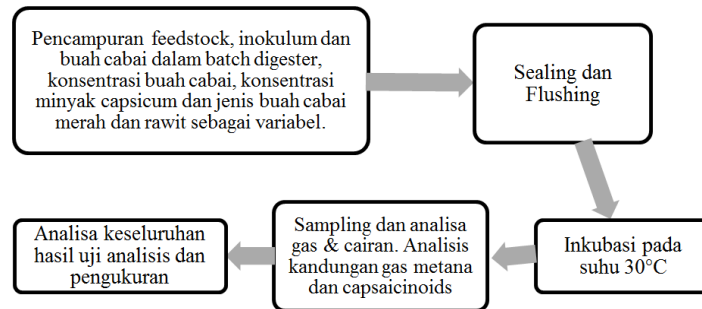
Keberadaan unit instalasi produksi biogas yang didirikan di lingkungan pasar tradisional akan memberikan dampak positif bagi perbaikan lingkungan dan kesejahteraan para pedagang dan stakeholder pasar yang bersangkutan. Pengembangan penelitian yang menunjang untuk implementasi unit produksi biogas tersebut sangat penting dilakukan.

METODE

Penelitian ini menggunakan sampah organik pasar tradisional sebagai bahan baku produksi biogas. Selain itu, digunakan pula inokulum, buah cabai, air dan gas nitrogen.

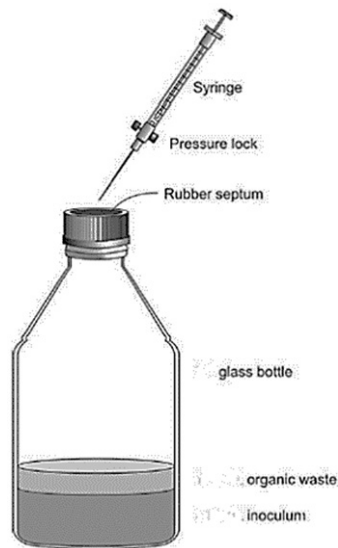
Penelitian dilakukan dalam 2 kegiatan utama penelitian yaitu *pertama*, pengambilan dan karakterisasi sampah organik pasar tradisional; *kedua*, uji konsentrasi minimal penghambatan (MICs) zat *capsaicinoids* dalam buah cabai dalam proses batch.

Prosedur pengambilan dan karakterisasi sampah organik pasar tradisional dilakukan dengan cara mengambil 100 kg sampah pasar tradisional dan memilah-milahnya sehingga diperoleh fraksi organik. Pemilahan ini dilakukan juga untuk memperoleh nilai persentase fraksi berat dari sampah organik pasar tradisional. Sampah organik yang telah dipilah kemudian dicacah dan dihaluskan dengan menggunakan kitchen blender dengan ditambah air secukupnya. Analisa kandungan total solid (TS), volatile solid (VS) dan abu dilakukan sesuai dengan standar analisa limbah air menurut APHA. Sampah organik yang telah diproses ini kemudian disimpan dalam kulkas pada suhu -15°C untuk mengurangi terja-



Gambar 1. Prosedur eksperimen uji konsentrasi minimal penghambatan (*minimum inhibitory concentrations-MICs*) dalam buah cabai pada proses anaerobic digestion sampah organik pasar tradisional

dinya proses pembusukan. Sampah ini kemudian kita sebut sebagai *feedstock*.



Gambar 2. Rangkaian alat percobaan *system batch* (adapted from (T.L.Hansen et al.2004))

Untuk kegiatan kedua, eksperimen dilakukan dengan cara mengambil feedstock sebanyak 10 gram (berat basah) dicampur dengan 10 ml inokulums dan ditambahkan buah cabai dengan massa berbeda-beda sebagai variable penelitian. Konsentrasi buah cabai diatur pada konsentrasi 0 g/l, 2 g/l, 5 g/l, 8 g/l, dan 12 g/l. Selain itu, jenis buah cabai yang dicampurkan ke substrat sampah pasar buah sebanyak dua jenis buah cabai yaitu buah cabai merah (*Capsicum annum L.*) dan buah cabai rawit (*Capsicum frutescens*). Campuran ketiga komponen ini dimasukkan ke dalam botol gelas kaca 100 ml sebagai bioreaktor/digester, kemudian diaduk merata dan ditutup dengan menggunakan butyl rubber stopper yang dilengkapi dengan aluminum cap. Digester ini kemudian dialiri dengan campuran gas N₂ (100%) untuk menyediakan kondisi anaerob. Setiap variabel konsentrasi buah cabai dan minyak capsicum di-

buat rangkap dua (*duplicate*) agar diperoleh hasil rerata yang lebih akurat. Selain itu, botol gelas kaca yang hanya berisi inokulum disediakan sebagai blangko. Sampel gas diambil secara berkala setiap 3 hari sekali selama 2 pekan pertama dan setiap 5 hari sekali pada pekan berikutnya sampai hari ke-60. Gas yang diambil sampelnya diuji kandungan gas metana dengan menggunakan alat gas chromatography (GC). Prosedur eksperimen dan rangkaian alat percobaan ini secara skematis diilustrasikan pada Gambar 1 dan 2 secara berurutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Sampah Pasar Tradisional

Sampah pasar tradisional yang ada di wilayah Yogyakarta yaitu Pasar Buah dan Sayur Giwangan, memiliki komposisi sayur dan buah seperti terangkum dalam Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi sayur dan buag dalam sampah pasar tradisional

No	Komponen Sampah	Jumlah (kg)	Persentase (%)
1.	Sayur	51	51
2.	Buah	33	33
3.	Non Organik	6	6
4.	Serabut	10	10
Jumlah Sampel		100	

Tabel 2. Kandungan *total solid (TS)*, *volatile solid (VS)* dan abu

<i>Moisture (%wt)</i>	86,671,15%
<i>Total Solid (%wt)</i>	13,331,15%
<i>Volatile Solid (%TS)</i>	13,001,73
<i>Abu (%TS)</i>	0,330,58%

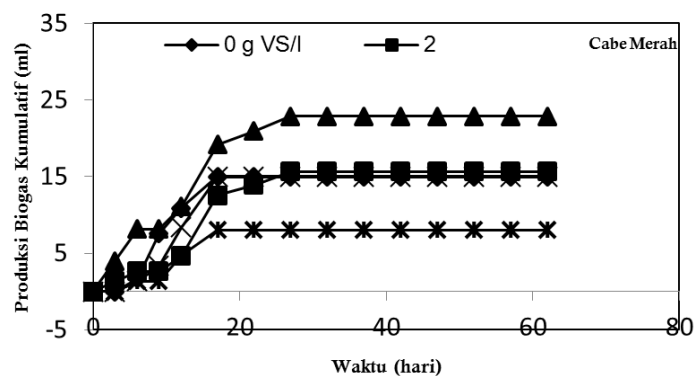
Produksi Biogas

Efek Konsentrasi Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.)

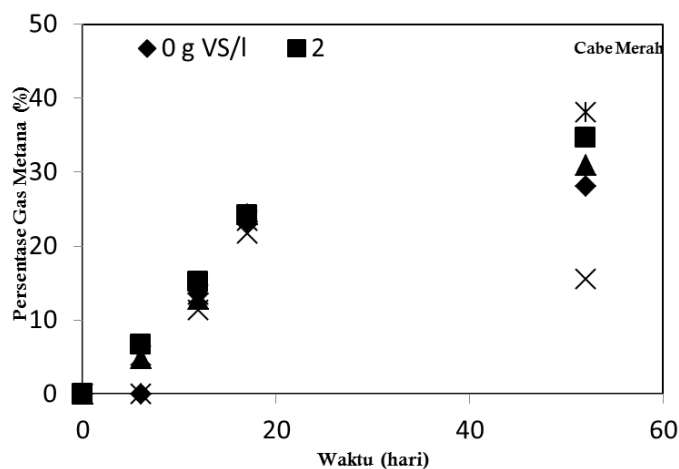
Produksi Biogas dari sampah pasar tradisional ditunjukkan dalam Gambar 3. Biogas terbentuk karena adanya kerja berbagai bakteri yang ikut terlibat dalam aktivitas perombakan substrat kompleks. Jumlah produksi biogas yang dihasilkan dari masing-masing kelompok perlakuan menunjukkan perbedaan yang cukup signifikan. Dari penelitian didapatkan jumlah volum gas yang diperoleh pada feedstock 10 ml (konsentrasi vs 12 g/l) dengan 10 ml inokulum dan buah cabai merah dengan konsentrasi 0 g/l, 2 g/l, 5 g/l, 8 g/l, 12 g/l selama 62 hari.

Berdasarkan analisis produksi volum gas memperlihatkan hasil yang berbeda signifikan antar perlakuan. Perlakuan feedstock, inokulum tanpa konsentrasi cabe merah (1:1:0) berbeda dengan kelompok perlakuan feedstock, inokulum dan kelompok substrat dengan konsentrasi cabe merah (1:1:1). Dari analisis tersebut juga dapat diketahui bahwa perlakuan substrat dengan variasi konsentrasi cabe merah memberikan

pengaruh signifikan terhadap produksi biogas. Gambar 3 menunjukkan setelah proses berjalan selama dua minggu, mikroorganisme sudah mulai tumbuh dan berkembangbiak di dalam digester. Dengan berkembangbiaknya mikroorganisme atau bakteri pada permukaan media maka proses penguraian senyawa organik yang ada di dalam air sampah sayur dan buah menjadi efektif. Ketersediaan makanan (bahan organik) bagi mikroba menyebabkan pertumbuhan biomassa mikroba menjadi meningkat. Hal ini sesuai dengan pendapat Soeparno (1992), yang menyatakan bahwa semakin lama dibibit, maka beban mikroba semakin meningkat yang disebabkan sel mikroba mengalami pembelahan atau perkembangbiakan. Adanya ketersediaan nutrisi yang cukup bagi mikroba yang berasal dari sampah sayur dan buah juga mendukung proses perombakan anaerob. Mikroba membutuhkan waktu yang cukup untuk berkembangbiak apabila komponen yang dibutuhkan cukup tersedia, maka mikroba akan berkembang pesat seperti halnya mikroba membutuhkan zat gizi untuk pertumbuhannya. Hal ini dikarenakan waktu tinggal (HRT) yang cukup



Gambar 3. Profil produksi biogas dari sampah pasar tradisional pada berbagai konsentrasi cabai merah (*Capsicum annuum* L.)



Gambar 4. Persentase gas metana dalam biogas dari sampah pasar tradisional pada berbagai konsentrasi cabai merah (*Capsicum annuum* L.)

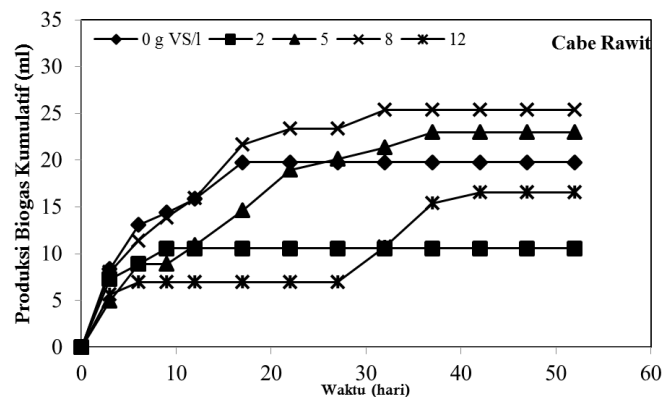
lama yaitu selama 62 hari untuk memberi kesempatan kontak lebih lama antara lumpur anaerobik dengan limbah cair, sehingga proses degradasi menjadi lebih baik.

Pada hari ketiga biogas mulai terbentuk seperti terlihat pada Gambar 4. Selanjutnya pada hari-hari berikutnya hingga hari ke-62 volume gas yang dihasilkan meningkat dan relatif stabil. Terlihat disini, bahwa konsentrasi cabe merah mempengaruhi tingkat kenaikan volum gas. Semakin besar konsentrasi buah cabe merah maka volum gas akan semakin kecil. Hal ini sesuai pendapat (Purseglove et al., 1981) bahwa *Capsaicin* pada cabe juga dapat berfungsi sebagai antimikroba yang dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Senyawa pedas ini dapat menghambat proses *anaerobic digestion* karena secara umum mikroba yang berperan dalam proses tersebut adalah bakteri. Hasil uji konsentrasi gas metana dengan konsentrasi cabe merah 0 g/l, 2 g/l, 5 g/l, 8 g/l, 12 g/l yang diambil secara acak pada hari ke-6, 12, 17 dan 52 ditunjukkan pada Gambar 4. Terlihat disini walaupun perkembangannya setiap waktu bervariasi produksi methane mengalami kenaikan. Besarnya konsentrasi Cabe merah memberi-

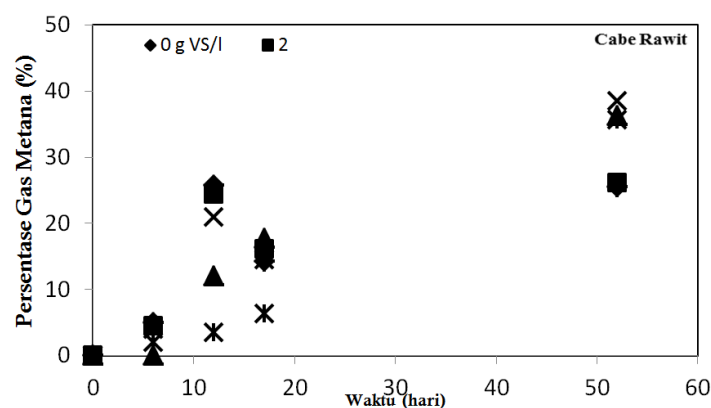
kan produksi metana yang cepat. Potensi metana didefinisikan sebagai produksi metana selama 52 hari masa percobaan. Pada hari ke-52 produksi metana yang paling besar yaitu pada konsentrasi cabe merah 12 g/l sebesar 38,1 %. Dari penelitian yang sudah ada, kandungan metana dalam biogas paling tinggi diproduksi oleh kotoran sapi perah tanpa campuran sampah organik yaitu sebesar 13,66%, sedangkan kandungan metana pada perlakuan kotoran sapi perah dengan campuran sampah organik (1:1) yaitu sebesar 11,57% (Ratnaningsih et al. 2009).

Efek Konsentrasi Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.)

Produksi biogas dari sampah pasar tradisional pada berbagai konsentrasi cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) ditunjukkan dalam Gambar 5. Profile produksi biogas pada berbagai konsentrasi cabai rawit ditampilkan dalam Gambar 6 Volume gas terbanyak terdapat pada konsentrasi cabe rawit 8 gr/l yaitu sebesar 25,63 ml dan volume gas terendah pertama terdapat pada konsentrasi cabe rawit 2 gr/l yaitu 10,56 ml sedangkan volume terendah kedua terdapat



Gambar 5. Profil produksi biogas dari sampah pasar tradisional pada berbagai konsentrasi cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)



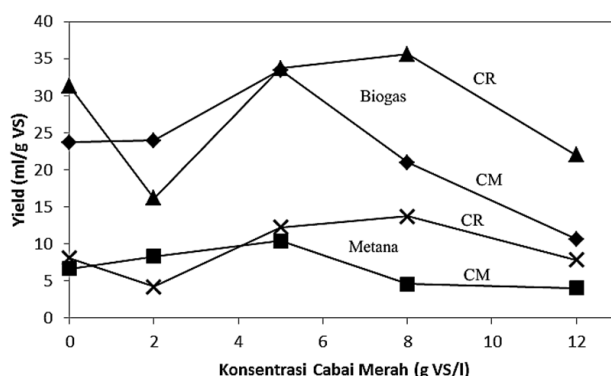
Gambar 6. Persentase gas metana dalam biogas dari sampah pasar tradisional pada berbagai konsentrasi cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.)

pada konsentrasi cabe rawit 12 gr/l yaitu 10,76 ml. Bila dilihat pada gambar 1 konsentrasi cabe rawit 2 gr/l dan konsentrasi cabe rawit 12 gr/l pertumbuhan atau pembentukan volume biogasnya lebih cepat konsentrasi cabe rawit 2 gr/l dibandingkan dengan konsentrasi cabe rawit 12 gr/l. Ini dikarenakan bahwa konsentrasi cabe rawit 12gr/l mengandung senyawa pedas yang tinggi yang bersifat menghambat pertumbuhan dan metabolisme bakteri. Sehingga senyawa ini dapat menghambat produksi biogas. *Capsaicin* merupakan komponen perasa pedas pada buah cabai dan memiliki sifat antimikroba terhadap bakteri melalui mekanisme kerusakan membran (S. Calsamiglia 2007). Senyawa ini dapat menghambat proses anaerobic digestion karena secara umum konsortium mikroba yang berperan dalam proses tersebut adalah bakteri seperti misalnya *Clostridium* sp.

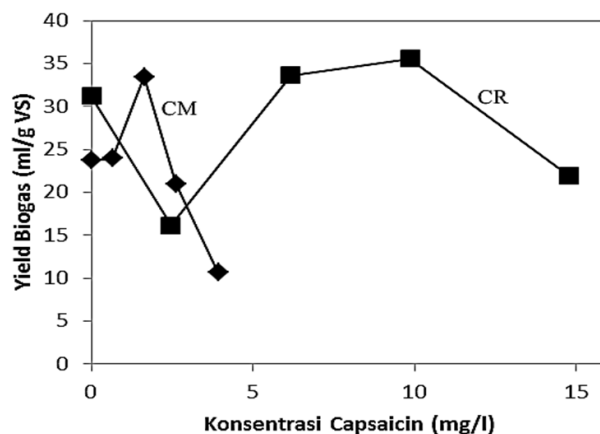
Produksi biogas yang dihasilkan dari masing-masing substrat dari awal proses hingga akhir proses secara detail ditunjukkan dalam Gambar 6. Pada grafik tersebut terlihat nilai yield maksimum terdapat pada konsentrasi cabe rawit 8 gr/l yaitu sebesar 35 ml/g VS. Sedangkan dari

penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya potensi biogas dari sampah organik (sampah dapur dan taman) menghasilkan yield biogas yaitu 493,21 ml/grVS, 375,82 ml/grVS serta 107,43 ml/grVS. [Laili, Nur., dan Wilujeng A.S., 2012]. Penelitian lain juga menyebutkan potensi biogas dari sampah organik (sampah sayur-sayuran dan buah-buahan) menghasilkan yield biogas 12 l/kgTS [Ratnaningsih et al. 2009]. Sedangkan produksi biogas dari sampah sayur dan buah dengan pengaruh cabe merah diketahui produksi biogasnya pada konsentrasi 5 g/l icabai merah yaitu sebesar 433,395 ml/g VS [Fadli, Latif, H., dan A, Yuliza. 2013]. Konsentrasi padatan yang terlalu tinggi akan menyebabkan kandungan air terlalu rendah sehingga menghambat pertumbuhan bakteri [Deublein et al. 2008, hal 112].

Secara ilmiah, biogas yang dihasilkan dari sampah organik adalah gas yang mudah terbakar (*flammable*). Bila sampah-sampah organik tersebut membusuk, akan dihasilkan gas methane (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Tapi, hanya CH_4 yang dimanfaatkan sebagai bahan bakar. Pada pembuatan biogas senyawa methane merupakan komponen penting yang menunjukkan



Gambar 7. Yield biogas dan gas metana pada berbagai konsentrasi cabai merah (CM) dan cabai rawit (CR)



Gambar 8. Pengaruh konsentrasi capsaicin dalam Cabai Merah (CM, *Capsicum annuum* L.) dan Cabai Rawit (CR, *Capsicum frutescens* L.)

kualitas biogas yang dihasilkan. Semakin banyak kandungan methane yang dihasilkan maka semakin bagus kualitas biogas tersebut. Gambar 6 menunjukkan bahwa terdapat perbedaan jumlah methane yang dihasilkan antara sampah organik dan campuran cabe rawit dengan konsentrasi cabe rawit 0 g/l, 2 g/l, 5 g/l, 8 g/l, 12 g/l yang diambil acak pada hari ke 6, 12, 17 dan 52. Pada konsentrasi 8 g/l terlihat di hari ke 52 memproduksi gas methane paling besar yaitu sebesar 38,538 %. Dari penelitian yang sudah ada, kandungan metana dalam biogas paling tinggi diproduksi oleh kotoran sapi perah tanpa campuran sampah organik yaitu sebesar 13,66%, sedangkan kandungan metana pada perlakuan kotoran sapi perah dengan campuran sampah organik (1:1) yaitu sebesar 11,57% [Ratnaningsih.,2009]. Dan dari penelitian lain juga menyatakan bahwa hasil dari uji sampel kandungan metana dengan komposisi campuran 50% berat sampah organik dengan 50% berat kotoran sapi (1:1) yaitu sebesar 11,8 % pada hari ke 21 [Anggraini.D dkk.,2012].

Estimasi kandungan capsaicinoid dalam cabai merah menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi cabai merah maka semakin tinggi pula kadar *Capsaicinoid* karena perbandingan *total solid* yang berbanding lurus dengan konsentrasi cabai merah. Dengan semakin tinggi kadar *Capsaicinoid* maka hambatan yang ditimbulkan terhadap produksi biogas juga semakin besar. Hal tersebut juga berlaku pada buah atau bahan lain yang mempunyai kadar *Capsaicinoid*. Untuk cabai merah, *minimum inhibitory concentration* (MICs) terdapat pada konsentrasi 5 g/L dengan asumsi kadar *Capsaicinoid* 1.980 mg/L (Gambar 8).

SIMPULAN

Sampah organik pasar tradisional dapat dimanfaatkan sebagai bahan campuran dengan inokulum dan cabe merah untuk membuat atau memproduksi biogas dengan pengolahan anaerob sistem batch, pada kondisimesophilic(30°C) dan tekanan atmosferis (1 atm) dengan rentang pH 6,8-7,2.

Berdasarkan produksi biogas per volume bahan yang diolah, jumlah biogas terbaik dihasilkan dari bahan campuran sampah organik , inokulum dan cabe merah dengan konsentrasi 5 g/l (kadar VS 6,67 g/l), yaitu sebesar 23,10 atau menghasilkan biogas sebesar 433,395 ml/g VS dengan produksi metana tertinggi tercapai pada hari ke- 52 sebesar 134,096 ml CH₄/g VS.

Kandungan metana dalam biogas paling tinggi diproduksi dari bahan campuran sampah organik, inokulum dengan konsentrasi

cabe merah 0 g/l sebesar 28,057%, 2 g/l sebesar 34,674%, 5 g/l sebesar 30,941%, 8 g/l sebesar 21,752% dan 12 g/l sebesar 38,1 %.

Proses dekomposisi secara anaerob dengan sistem *batch* dapat mendegradasi kotoran sapi dan campurannya dengan sampah organik segar. Hal ini terlihat pada analisis reduksi *Volatile Solid* sebesar 89%.

Untuk pengaruh penambahan konsentrasi cabe merah pada produksi biogas, pada umumnya semakin meningkatnya kadar konsentrasi cabe merah maka akan semakin sedikit produksi biogas. Hal ini ditunjukkan dengan produksi biogas paling sedikit adalah pada cabe merah dengan konsentrasi 12 g/l sebesar 93,425 ml/g VS.

DAFTAR PUSTAKA

- Alvarez, R. and G. Lidén (2008). "Semi-continuous co-digestion of solid slaughterhouse waste, manure, and fruit and vegetable waste." *Renewable Energy*33(4): 726-734.
- Boopathy, R. (1987). "Inoculum source for anaerobic fermentation of coffee pulp." *Applied Microbiology and Biotechnology*26(6): 588-594.
- Bouallagui, H., R. Ben Cheikh, et al. (2003). "Mesophilic biogas production from fruit and vegetable waste in a tubular digester." *Bioresource Technology*86(1): 85-89.
- Bouallagui, H., O. Haouari, et al. (2004). "Effect of temperature on the performance of an anaerobic tubular reactor treating fruit and vegetable waste." *Process Biochemistry*39(12): 2143-2148.
- Bouallagui, H., M. Torrijos, et al. (2004). "Two-phases anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: bioreactors performance." *Biochemical Engineering Journal*21(2): 193-197.
- Callaghan, F. J., D. A. J. Wase, et al. (2002). "Continuous co-digestion of cattle slurry with fruit and vegetable wastes and chicken manure." *Biomass and Bioenergy*22(1): 71-77.
- Cirne, D. G. (2006). *Evaluation of Biological Strategies to Enhance Hydrolysis During Anaerobic Digestion of Complex Waste*. Doctor, University of Lund.
- D. Deublein, A. S. (2008). *Biogas from Waste and Renewable Resources: an Introduction*, Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH Co. KGaA.
- Dirar, H. A. and H. B. El Amin (1988). "Methane fermentation of water hyacinth: effect of solids concentration and inoculum source." *World Journal of Microbiology and Biotechnology*4(3): 299-312.
- Espinoza-Escalante, F. M., C. Pelayo-Ortiz, et al. (2009). "Anaerobic digestion of the vinasses from the fermentation of Agave tequilana Weber to tequila: The effect of pH, temperature and hydraulic retention time on the production

- of hydrogen and methane." *Biomass and Bioenergy*33(1): 14-20.
- Fandiño, I., S. Calsamiglia, et al. (2008). "Anise and capsicum as alternatives to monensin to modify rumen fermentation in beef heifers fed a high concentrate diet." *Animal Feed Science and Technology*145(1): 409-417.
- Forster-Carneiro, T., M. Pérez, et al. (2007). "Dry-thermophilic anaerobic digestion of organic fraction of the municipal solid waste: Focusing on the inoculum sources." *Bioresource Technology*98(17): 3195-3203.
- Gavala, H. N., U. Yenal, et al. (2003). "Mesophilic and thermophilic anaerobic digestion of primary and secondary sludge. Effect of pre-treatment at elevated temperature." *Water Research*37(19): 4561-4572.
- Guil-Guerrero, J., C. Martínez-Guirado, et al. (2006). "Nutrient composition and antioxidant activity of 10 pepper (<i>Capsicum annuum</i>) varieties." *European Food Research and Technology*224(1): 1-9.
- Jantsch, G. (2003). Reactor applications and process monitoring for improved anaerobic digestion.
- Kaparaçu, P. L. N. and J. A. Rintala (2006). "Thermophilic Anaerobic Digestion of Industrial Orange Waste." *Environmental Technology*27(6): 623-633.
- Lee, M., T. Hidaka, et al. (2009). "Comparative performance and microbial diversity of hyperthermophilic and thermophilic co-digestion of kitchen garbage and excess sludge." *Bioresource Technology*100(2): 578-585.
- Miean, K. H. and S. Mohamed (2001). "Flavonoid (Myricetin, Quercetin, Kaempferol, Luteolin, and Apigenin) Content of Edible Tropical Plants." *Journal of Agricultural and Food Chemistry*49(6): 3106-3112.
- Parawira, W. (2004). *Anaerobic Treatment of Agricultural Residues and Wastewater*. Doctor, Lund University.
- S. Calsamiglia, M. B., P.W. Cardozo, L. Castillejos, A. Ferret (2007). "Invited Review: Essential Oils as Modifiers of Rumen Microbial Fermentation." *Journal of Dairy Science*90(6): 2580 - 2595.
- Seon-Mi Lee, S.-Y. K., Junsso Lee, Kwang-Won Yu, Inseop Chang and Hyung Joo Suh (2008). "Nonpungent Capsicum fermentation by *Bacillus subtilis* and the addition of Rapidase." *Applied Microbiology and Biotechnology*81(2): 257-262.
- Topuz, A. and F. Ozdemir (2007). "Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey." *Journal of Food Composition and Analysis*20(7): 596-602.
- Vinayaka KS, N. K., Rakshitna MN, Martis R, Shruithi J, Hedge SV, Kekuda TR, Raghvendra HL (2010). "Proximate Composition, Antibacterial and Anthelmintic Activity of *Capsicum frutescens* (L.) Var. Longa (Solanaceae) Leaves." *Pharmacognosy Journal*2(12): 486-491.